

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-166173

(43)公開日 平成8年(1996)6月25日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

F 2 5 B 9/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

D

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平5-151676

(22)出願日 平成5年(1993)6月23日

(71)出願人 592185817

橋本 巍洲

東京都八王子市南大沢3-14-1-406

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72)発明者 橋本 巍洲

東京都八王子市南大沢3-14-1-406

(72)発明者 李 瑞

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重

機械工業株式会社平塚研究所内

(74)代理人 弁理士 高橋 敬四郎 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 極低温冷凍機用蓄冷器

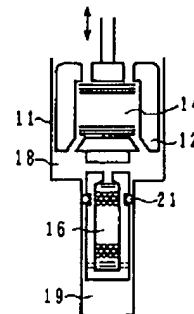
(57)【要約】

【目的】 ジュールトムソン (J T) 弁を用いずに10 K以下の極低温を達成することのできる極低温冷凍機用蓄冷器に関し、極低温領域、特に4.2 K付近で十分な冷凍能力を有する極低温冷凍機用蓄冷器を提供することを目的とする。

【構成】 極低温冷凍機用蓄冷器であって、温度分布方向に積層された比熱特性の異なる2種類以上の蓄冷材を組む構成を有し、その最も低温側の蓄冷材が $Er_{1-x}R_xNi_{1-y-z}Co_yM_z$  (ただし、RはDy、Ho、Gd、Tmまたはこれらの混合物、MはMn、Cu、Al、Sb、Sn、またはその混合物、 $0 \leq x \leq 0.3$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 \leq z \leq 0.3$ 、 $0 < (1-y-z) < 1$ ) を主成分とする。

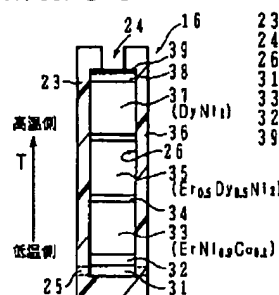
実施例による2段式GM冷凍機

(A) 膨張機の構成



11: シリンダ  
12: ピストン  
14: 1段目蓄冷器  
16: 2段目蓄冷器  
18: 1段目膨張スペース  
19: 2段目膨張スペース  
21: シール

(B) 2段目蓄冷器



23: 容器  
24, 25: 開口  
26: ガス通路  
31: 金網  
33, 35, 37: 蓄冷材  
32, 34, 36, 38: フェルト  
39: パンチングメタル

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 極低温冷凍機用蓄冷器であって、温度分布方向に積層された比熱特性の異なる2種類以上の蓄冷材を組む構成を有し、その最も低温側の蓄冷材が  $Er_{1-x}R_xNi_{1-y-z}Co_yM_z$  (ただし、RはDy、Ho、Gd、Tmまたはこれらの混合物、MはMn、Cu、Al、Sb、Sn、またはこれらの混合物、 $0 \leq x \leq 0.3$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 \leq z \leq 0.3$ 、 $0 < (1-y-z) < 1$ ) を主成分とする極低温冷凍機用蓄冷器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、極低温冷凍機用蓄冷器に関し、特にジュールトムソン(JT)弁を用いずに10K以下の極低温を達成することのできる極低温冷凍機用蓄冷器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 極低温冷凍機としては、スターリング冷凍機、ギフォード・マクマホン(GM)冷凍機等が知られている。

【0003】 スターリング冷凍機は、圧縮機で脈動する作動ガス圧を作成し、膨張機内でディスプレイサを圧力変動に対して1/4の位相ずれを持たせて往復動させる。ディスプレイサ内には蓄冷器が設けられ、断熱膨張によって冷却された作動ガスと高温高压ガスとの間の熱交換を行なわせる。

【0004】 GM冷凍機は、圧縮機の高圧側、低圧側にバルブを設け、高压で膨張機に供給された作動ガスを断熱膨張させ、低压で回収する。膨張機内にはスターリング冷凍機同様、ディスプレイサが設けられ、ディスプレイサ内には蓄冷器が備えられる。より低温を実現させるためには、2段式のディスプレイサ(蓄冷器)が用いられる。

【0005】 冷凍機用の蓄冷材としては、比熱が高く、取扱いに便利な銅や鉛が使用されている。熱交換率を高くするため、これらの金属を球状や金網状として表面積を大きくし、フェルト状の支持材や貫通孔を多数設けたパンチングメタルで支持する。

【0006】 しかし、銅や鉛等、比較的高温では高い比熱を有する金属も10K以下の温度領域(以下、「極低温領域」と呼ぶ)では、比熱が極端に小さくなる。したがって、これらの蓄冷材を用いても圧縮機と蓄冷材を用いた膨張機の組合せのみの冷凍機で10K以下の極低温を生成することは困難であった。

【0007】 極低温を得るためには、従来はJT弁を用い、JT弁に供給する作動ガスをGM冷凍機等で冷却する構成が用いられた。近年、2段式GM冷凍機の2段目蓄冷器に、 $Er_3Ni$ を初めとする磁性金属間化合物による蓄冷材を用いることにより、液体ヘリウム温度(4.2K)以下の温度を発生させることが可能となっ

2

た。これは、このような磁性蓄冷材が極低温領域において、磁気相転移による大きな比熱を持つためである。たとえば、 $ErRh$ は4K付近で非常に大きな比熱ピークを示す。ただし、 $ErRh$ は非常に高価であり、実用化するのは困難である。

【0008】 しかし、 $Er_3Ni$ の比熱も、冷媒であるヘリウムの比熱に比べると低温域では非常に小さいため、ヘリウムと熱交換を行なうのに十分な熱容量を持っているとはいえない。現に $Er_3Ni$ を用いたGM冷凍機でも、4.2Kで実際に達成される冷凍能力は1W以下にすぎない。そこで、冷凍能力をさらに向上させるため、極低温領域でさらに大きな比熱を有する蓄冷器が望まれる。

【0009】 磁性蓄冷材は、磁気相転移を行なう温度付近において大きな比熱ピークを有する。そこで、蓄冷器の温度分布に合わせて、蓄冷器内に異なる温度で比熱ピークを持つ磁性蓄冷材を積層する提案がなされている。このような構造を有する蓄冷器を以下「積層構造」蓄冷器と呼ぶ。

20 【0010】 しかしながら、極低温領域、特に4.2Kでの冷凍能力向上を可能にする積層構造蓄冷器は未だ実用化されていない。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】 極低温領域、特に4.2K付近での冷凍能力を十分向上することのできる蓄冷器は未だ開発されていない。

【0012】 本発明の目的は、極低温領域、特に4.2K付近で十分な冷凍能力を有する極低温冷凍機用蓄冷器を提供することである。

## 30 【0013】

【課題を解決するための手段】 本発明の極低温冷凍機用蓄冷器は、温度分布方向に積層された比熱特性の異なる2種類以上の蓄冷材を組む構成を有し、その最も低温側の蓄冷材が  $Er_{1-x}R_xNi_{1-y-z}Co_yM_z$  (ただし、RはDy、Ho、Gd、Tmまたはこれらの混合物、MはMn、Cu、Al、Sb、Sn、またはその混合物、 $0 \leq x \leq 0.3$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 \leq z \leq 0.3$ 、 $0 < (1-y-z) < 1$ ) を主成分とする。

## 【0014】

40 【作用】  $Er_{1-x}R_xNi_{1-y-z}Co_yM_z$  (RはDy、Ho、Gd、Tm; MはMn、Cu、Al、Sb、Sn;  $0 \leq x \leq 0.3$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 \leq z \leq 0.3$ 、 $0 < (1-y-z) < 1$ ) を主成分とする磁性金属間化合物は、極低温領域、特に4.2~12K付近での比熱が大きく、極低温冷凍機の冷凍能力を大幅に向上することができる。

【0015】 たとえば、 $ErNi_{0.9}Co_{0.1}$  や  $ErNi_{0.8}Co_{0.2}$  の比熱は、極低温領域において  $Er_3Ni$  の約2倍の大きさの比熱ピークを持つ。

## 50 【0016】

3

【実施例】図1に、本発明の実施例による2段式GM冷凍機の構成を示す。図1(A)は、膨張機の構成を概略的に示す断面図、図1(B)は膨張機の2段目蓄冷器の構成を概略的に示す断面図である。

【0017】図1(A)において、シリンダ11は太径部分と細径部分を有し、シリンダ11内に挿入されるピストン(ディスプレイサ)12もシリンダ11の形状に合わせた太径部分と細径部分を有する。ピストン12内には、太径部分に1段目蓄冷器14が収容され、細径部分に2段目蓄冷器16が収容されている。

【0018】また、シリンダ11とピストン12の間には、太径部分において第1膨張スペース18が画定され、細径部分において第2膨張スペース19が画定される。また、シリンダ11とピストン12の間にはシール21が配置され、気密状態を構成する。

【0019】1段目蓄冷器14は、Cu、Pb等の通常の蓄冷材で構成された、たとえば網目状蓄冷材を収容する。2段目蓄冷器16は、図1(B)に一例を示すような積層構造を有する。

【0020】図1(B)に示すように、2段目蓄冷器16は、ベークライト製の容器23の中に上下の開口24、25で外部と連続されたガス通路26を形成している。このガス通路26内に、下側から数枚の金網31、フェルト32が充填され、下側の開口25から蓄冷材が流出しない構成をとっている。

【0021】フェルト32の上に、 $\text{ErNi}_{0.9}\text{Co}_{0.1}$ の球状粒で構成された最低温蓄冷材33、フェルト34、 $\text{Er}_{0.5}\text{Dy}_{0.5}\text{Ni}_2$ の球状粒で形成された第2低温蓄冷材35、フェルト36、 $\text{DyNi}_2$ の球状粒で構成された第3低温蓄冷材37が積層状に充填され、その上をフェルト38、パンチングメタル39で覆っている。

【0022】図2は、2段目蓄冷器の蓄冷材の比熱特性を示す。図2(A)は、第2低温蓄冷材、第3低温蓄冷材に用いられた $\text{Er}_{1-x}\text{Dy}_x\text{Ni}_2$ の比熱特性を他の組成およびPb、Heの比熱と共に示す。また、従来用いられた $\text{ErRh}$ の比熱特性も合わせて示す。第2低温蓄冷材35の比熱特性は、 $x=0.5$ の場合に該当し、第3低温蓄冷材37の比熱特性は、 $x=1.0$ の場合に該当する。

【0023】図に示すように、約20K以下の温度において、第3低温蓄冷材に用いられた $\text{DyNi}_2$ は、Pbよりも良好な比熱を有する。第2低温蓄冷材に用いられた $\text{Er}_{0.5}\text{Dy}_{0.5}\text{Ni}_2$  ( $x=0.5$ )は、12.3K付近に比熱ピークを有し、それ以下の低温において $\text{DyNi}_2$ よりも良好な比熱を有する。

【0024】図2(B)は、最低温蓄冷材33に用いられた $\text{ErNi}_{0.9}\text{Co}_{0.1}$ および関連する物質の比熱特性を示す。 $\text{ErNi}_{0.9}\text{Co}_{0.1}$ の比熱特性は、約8K付近から低温に向かって急激に立ち上がり、6、7K付

4

近で比熱のピークを描いた後、さらに極低温に向かっては急激に減少している。

【0025】最低温蓄冷材として用いる蓄冷材の組成を、 $\text{ErNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}$ に変更すると、その比熱特性はさらに低温側にシフトする。従来提案された実用的極低温蓄冷材の $\text{Er}_3\text{Ni}$ や $\text{ErNi}$ の比熱特性と比較すると、 $\text{ErNi}_x\text{Co}_{1-x}$ の比熱特性の特徴がより明らかとなろう。すなわち、 $\text{ErNi}$ の比熱特性は、10K付近で鋭いピークを描くが、その後急激に立ち下がっている。

【0026】 $\text{Er}_3\text{Ni}$ の比熱特性は、約12Kより上の温度では $\text{ErNi}$ の比熱よりも高い値を示し、12〜6K付近においては $\text{ErNi}$ よりも比熱が低いが、それよりも低温部においてはほぼ $\text{ErNi}$ と同等の比熱を示している。

【0027】したがって、単一種類の蓄冷材を用いる場合、 $\text{Er}_3\text{Ni}$ を用いると、ほぼ30K以下の低温領域においてPbよりも良好な比熱特性を得ることができ、約6Kよりも低温領域においては、 $\text{ErNi}$ とほぼ同等の比熱を得ることができる。

【0028】上記実施例で用いた $\text{ErNi}_{0.9}\text{Co}_{0.1}$ の蓄冷材は、約8K以下の極低温領域において、常に $\text{ErNi}$ や $\text{Er}_3\text{Ni}$ よりも良好な比熱特性を示している。 $\text{Er}_3\text{Ni}$ と比較すれば、約7.5K以下の極低温領域において、 $\text{ErNi}_{0.9}\text{Co}_{0.1}$ または $\text{ErNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}$ の比熱特性は、 $\text{Er}_3\text{Ni}$ の比熱の約2倍の大きさの比熱を示している。

【0029】したがって、最低温蓄冷材に導入される作動ガスの温度が十分冷却されていれば、最低温蓄冷材は著しく大きな比熱を示し、作動ガスを極めて効率的に極低温に冷却することができる。

【0030】図2(A)に示すように、第3低温蓄冷材および第2低温蓄冷材は、約20〜7K付近において良好な比熱を有するため、1段目蓄冷器から供給される冷却された作動ガスを有効に冷却することができ、最低温蓄冷材に供給される作動ガスの温度を約7K以下に冷却することができる。

【0031】約7K以下に冷却された作動ガスを受ける場合、最低温蓄冷材33は、極めて大きな比熱を有するので、作動ガスを効率的に冷却し、たとえば4.2K以下の温度に冷却することもできる。

【0032】以上説明したように、一例として示した $\text{ErNi}_x\text{Co}_{1-x}$ を組成とする蓄冷材を用いることにより、極低温領域で良好な比熱を有する蓄冷材を得ることができる。このため、蓄冷器を有する冷凍機において、極低温を実現することが容易になる。

【0033】なお、 $\text{ErNi}_{0.9}\text{Co}_{0.1}$ および $\text{ErNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}$ の蓄冷材を例にとって説明したが、このような比熱特性は、 $\text{Er}_{1-x}\text{R}_x\text{Ni}_{1-y-z}\text{Co}_y\text{M}_z$  (RはDy、Ho、Gd、Tmまたはこれらの混合物、

MはMm、Cu、Al、Sb、Sn、またはこれらの混合物、ただし $0 \leq x \leq 0.3$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 \leq z \leq 0.3$ 、 $0 < (1-y-z) < 1$ においても同等の比熱特性が実現されるものと考えられる。

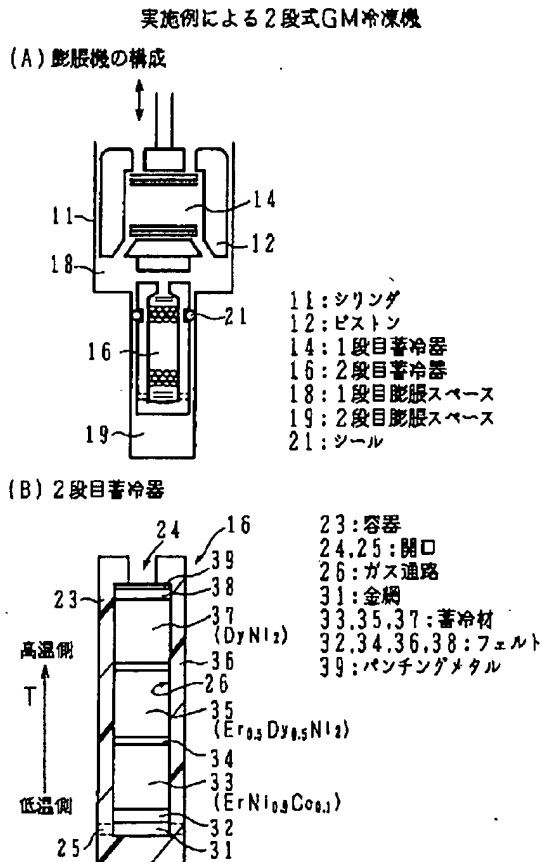
【0034】このような蓄冷材を用いた冷凍機により、従来の $\text{Er}_3\text{Ni}$ を使用した冷凍機を置き換えることができると共に、従来の冷凍機では冷凍能力が不足し、液体ヘリウムによって冷却せざるを得なかった装置や設備にも冷凍機を用いることが可能となる。たとえば、リニアモータ等の超伝導電磁石の冷却やMRI等の磁気シールドの冷却、電波望遠鏡等の素子冷却等にも極低温冷却器を用いることが可能となる。

【0035】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。たとえば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、極低温領域、特に4.2K付近の冷却能力を向上した蓄冷器を用いた極低温冷凍機を提供することができる。

【図1】



【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による2段式GM冷凍機の構成を示す断面図である。

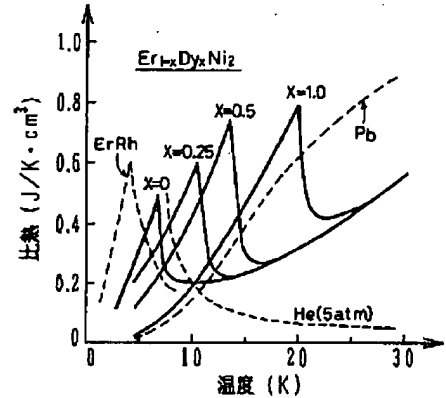
【図2】図1に示すGM冷凍機に用いた蓄冷材の比熱特性を示すグラフである。

【符号の説明】

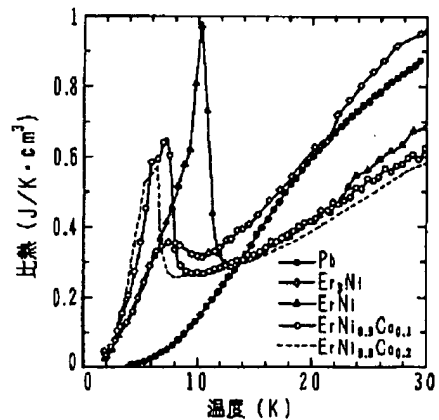
- 11 シリンダ  
12 ピストン  
14 1段目蓄冷器  
16 2段目蓄冷器  
18 1段目膨脹スペース  
19 2段目膨脹スペース  
21 シール  
23 容器  
24、25 開口  
31 金網  
32、34、36、38 フェルト  
33、35、37 蓄冷材  
39 パンチングメタル

【図2】

(A)  $\text{Er}_{1-x}\text{Dy}_x\text{Ni}_2$ の比熱



(B)  $\text{ErNi}_x\text{Co}_{1-x}$ の比熱



フロントページの続き

(72)発明者 大西 淳  
神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重  
機械工業株式会社平塚研究所内

PAT-NO: JP408166173A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08166173 A

TITLE: COLD STORAGE UNIT FOR CRYOGENIC REFRIGERATING  
MACHINE

PUBN-DATE: June 25, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HASHIMOTO, TAKAKUNI

RI, TAMA

ONISHI, ATSUSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HASHIMOTO TAKAKUNI

SUMITOMO HEAVY IND LTD

COUNTRY

N/A

N/A

APPL-NO: JP05151676

APPL-DATE: June 23, 1993

INT-CL (IPC): F25B009/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To make a sufficient refrigerating capacity displayed in a cryogenic range without using a Joule-Thomson valve, by combining cold storage media of two or more kinds which are stacked in the direction of temperature distribution and different in specific heat characteristics and by using a specific magnetic intermetallic compound for the cold storage medium on the lowermost temperature side in this construction.

CONSTITUTION: In a two-stage type GM refrigerating machine, an ordinary cold storage medium in a reticulated shape or the like is held in a first-stage cold

storage unit 14 of an expansion machine and cold storage media of two kinds or more being stacked in the direction of temperature distribution and different in specific heat characteristics are held in a second-stage cold storage unit 16 thereof. In this second-stage cold storage unit 16, a magnetic intermetallic compound of which the main constituent is  $\text{Er}_{1-x}\text{R}_x\text{Ni}_{1-y-z}\text{CO}_y\text{M}_z$  (where R is Dy, Ho, Gd, Tm or a mixture thereof, M is Mn, Cu, Al, Sb, Sn, or the like,  $0 \leq x \leq 0.3$ ,  $0 < y < 1$ ,  $0 \leq z \leq 0.3$ ,  $0 < (1-y-z) < 1$ ) is used for the cold storage medium on the lowermost temperature side. Thereby a sufficient refrigerating capacity can be displayed in the vicinity of 4.2K.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO